

DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAÎTE DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets 6 : H04L 27/26		A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 98/29996 (43) Date de publication internationale: 9 juillet 1998 (09.07.98)		
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR97/02465		(81) Etats désignés: AU, CA, IL, JP, KR, SG, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).			
(22) Date de dépôt international: 30 décembre 1997 (30.12.97)					
(30) Données relatives à la priorité: 96/16379 31 décembre 1996 (31.12.96) FR		Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale. Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si de telles modifications sont reçues.</i>			
(71) Déposant: SGS-THOMSON MICROELECTRONICS S.A. [FR/FR]; 7, avenue Gallieni, F-94250 Gentilly (FR).					
(72) Inventeur: MESTDAGH, Denis, J., G.; 473, chemin du Ballois, F-38190 Bernin (FR).					
(74) Mandataire: MICHEL DE BEAUMONT; Cabinet Conseil, 1, rue Champollion, F-38000 Grenoble (FR).					
(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR FORMATTING A CLIPPING NOISE IN A MULTICARRIER MODULATION					
(54) Titre: PROCEDE ET DISPOSITIF DE MISE EN FORME D'UN BRUIT D'ECRETAGE D'UNE MODULATION MULTIPORTEUSE					
(57) Abstract					
The invention concerns a system for formatting a signal (s(t), (DMTin) in multicarrier modulation, which consists in clipping (18) the signal, in amplitude, with respect to a threshold value (Aclip), and in re-injecting (10), with delay and on a signal to be formatted, a clipping noise (clip) redistributed (19), at least partially, outside the used frequency band (f1-f2) of the multicarrier modulation signal.					
(57) Abrégé					
L'invention concerne un procédé de mise en forme d'un signal (s(t), DMTin) en modulation multiportuese, qui consiste à écrêter (18) le signal, en amplitude, par rapport à une valeur seuil (Aclip), et à réinjecter (10), avec retard et sur le signal à mettre en forme, un bruit d'écrêtage (clip) redistribué (19), au moins en partie, hors de la bande de fréquences utile (f1-f2) du signal en modulation multiportuese.					

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lithuanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE MISE EN FORME D'UN BRUIT D'ÉCRÊTAGE
D'UNE MODULATION MULTIPORTEUSE

La présente invention concerne le domaine des transmissions en modulation multiporteuse (DMT) et, plus particulièrement, la transmission de signaux codés par multiplexage orthogonal dans le domaine fréquentiel (COFDM : Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

La transmission, en modulation multiporteuse de signaux codés par multiplexage fréquentiel orthogonal, est une technique relativement récente qui présente un intérêt dans de nombreuses applications par rapport aux autres techniques classiquement employées.

Une première application concerne les réseaux téléphoniques filaires. En utilisant une transmission DMT/COFDM sur une ligne d'utilisateur numérique et asymétrique (ADSL), on dispose de canaux à débit très élevé dans lesquels peuvent circuler à la fois des signaux vocaux et des signaux numériques, par exemple, de vidéo compressée. A titre d'exemple, le débit d'une telle transmission peut être de 10 Mbits/s dans un sens et de 640 kbits/s dans l'autre sens. A titre de comparaison, un modem fonctionnant selon la norme V34bis qui constitue un des modems les plus rapides actuellement utilisés autorise un débit de 33,6 kbits/s dans les deux sens.

Un deuxième exemple d'application concerne la diffusion audionumérique depuis un satellite ou depuis un émetteur terrestre vers un mobile, par exemple un véhicule. La transmission DMT/COFDM permet ici, par exemple, une transmission d'informations à un débit de l'ordre de 1,7 Mbits/s.

Un troisième exemple d'application concerne la diffusion terrestre de signaux de télévision numérique (DTTB) pour laquelle on perd actuellement 1/9 de la capacité des fréquences disponibles à cause des zones de recouvrement nécessaires entre les différents émetteurs. La mise en oeuvre d'une transmission DMT/COFDM permet qu'un canal donné soit transmis sur une même fréquence quel que soit l'émetteur.

Un signal DMT est constitué de la superposition de n porteuses modulées indépendamment les unes des autres. Les porteuses sont modulées, par exemple, par une modulation d'amplitude en quadrature (QAM) ou par une modulation par sauts de phase (MPSK).

La figure 1 représente, de façon très schématique, un exemple classique de circuit effectuant une modulation multi-porteuse.

Un flux de données DATA arrive en série sur un convertisseur 1 série-parallèle (S/P) dont les sorties sont envoyées sur un circuit 2 destiné à générer des symboles DMT au moyen d'une transformation rapide de Fourier inverse (IFFT). D'un point de vue fonctionnel, le circuit 2 est constitué d'un modulateur QAM ou MPSK utilisant plusieurs porteuses f_1, f_2, \dots, f_n , qui délivre les porteuses modulées à un sommateur (Σ)⁴ superposant les échantillons successifs de ces porteuses pour générer les symboles DMT. Généralement, chaque porteuse est associée à un paquet de données, c'est-à-dire que le flux DATA est envoyé en parallèle au modulateur (MOD) 3 en regroupant les bits de données par paquets de même taille. Par exemple, chaque porteuse est associée à un groupe de 3 bits transmis en modulation 8-QAM pour reproduire les huit états possibles de la combinaison des 3 bits de données. Dans cet exemple, si 256 porteuses sont utilisées

($n = 256$), un symbole DMT contient 768 bits, et le débit de transmission est de $758/T$ bits/s, où T représente la durée d'un symbole DMT.

La figure 2 illustre un exemple de symbole DMT correspondant à la superposition d'un échantillon de toutes les porteuses modulées.

Un problème qui se pose dans la modulation multiporteuse est que la sommation des échantillons de porteuses modulées peut conduire, de façon aléatoire, à des pics p d'amplitude très importante quand plusieurs porteuses modulées se superposent en phase. Ces pics ont des conséquences importantes sur la partie analogique du circuit, en particulier, sur la complexité et la faisabilité de convertisseurs numérique-analogique (côté émetteur) et analogique-numérique (côté récepteur), les pics pouvant classiquement atteindre une vingtaine de volts d'amplitude crête.

Pour résoudre ce problème, le signal DMT numérique est généralement écrêté de sorte que son amplitude maximale en valeur absolue n'excède jamais une valeur prédéterminée $Aclip$. La valeur $Aclip$ est généralement choisie en fonction d'un seuil de probabilité d'apparition d'un pic pour une application donnée. En effet, l'application d'une transformation de Fourier rapide inverse conduit à une distribution d'amplitude ayant la forme d'une courbe de Gauss schématisée sur la partie droite de la figure 2. La valeur $Aclip$ est donc généralement choisie en fonction du circuit d'émission analogique et du convertisseur numérique-analogique utilisé pour respecter un certain taux d'erreurs, c'est-à-dire une certaine probabilité d'écrêtage des symboles, afin de minimiser les pertes de signal. Par exemple, pour une transmission DMT appliquée à une ligne d'utilisateur numérique et asymétrique, les normes fixent une probabilité inférieure à 10^{-7} .

L'écrêtage du signal numérique DMT introduit un bruit d'écrêtage (généralement désigné par son appellation anglo-saxonne "clipping noise") qui nuit aux performances (rapport signal/bruit) du système de communication. En particulier, le rapport signal/bruit conditionne le débit possible dans la mesure

où il conditionne l'écart qui doit être prévu, dans le diagramme de phases de chaque porteuse, entre deux points de réception. Plus le rapport signal/bruit est bon, plus le nombre de combinaisons de bits contenues dans un échantillon d'une porteuse peut 5 être élevé en augmentant la longueur des paquets de bits associés à chaque porteuse.

Une première solution classique pour améliorer le rapport signal/bruit est illustrée par la figure 3. Cette solution consiste à prévoir, en sortie du circuit IFFT 2, un détecteur 10 (DETECT) 5 de présence d'un symbole DMT écrété pour commander un circuit (CODE) 6 de recodage des données concernées, intercalé entre le paralléliseur 1 et le circuit 2. Le rôle du circuit 6 est de modifier le codage des données, selon une loi connue du récepteur des symboles envoyés, pour retransmettre un symbole 15 DMT, écrété lors d'une première passe, en un symbole non écrété. En effet, une modification du codage conduit à une modification des phases des porteuses modulées et la probabilité pour qu'un symbole DMT présente des pics pour deux codages différents est extrêmement faible.

20 Un inconvénient d'une telle solution est qu'elle nécessite de mémoriser, en amont du paralléliseur 1, les données à transmettre pour permettre leur réémission si un symbole DMT écrété est détecté après codage. Un autre inconvénient de cette solution est que le circuit doit transmettre, outre au moins un 25 deuxième symbole DMT si le premier a été écrété, un code pour indiquer au récepteur le nombre de passes d'un même symbole DMT envoyé. De plus, cette solution requiert un circuit IFFT plus rapide pour que la deuxième transformation éventuelle intervienne avant la modulation du symbole suivant et/ou une mémoire supplémentaire pour conserver les symboles en amont du circuit.

30 35 Cette première solution est décrite dans un article intitulé "A method to reduce the probability of clipping in DMT-based transceivers" de D. Mestdagh et P. Spruyt paru dans IEEE Transactions on Communications, octobre 1996, volume 14, numéro 10, pages 1234-1238.

Une deuxième solution consiste à modifier le codage, en entrée du circuit 2, pour les combinaisons de bits qui sont susceptibles de donner les pics les plus élevés. En effet, on a constaté que pour toutes les combinaisons, il existe un niveau 5 d'amplitude de pic pour le cas où les porteuses deviennent en phase. Une telle solution est décrite, par exemple, dans un article intitulé "Block coding scheme for reduction of peak to mean envelope power ratio of multicarrier transmission schemes" de A.E. Johns, T.A. Wilkinson et S.K. Barton paru dans *Electronics Letters*, décembre 1994, volume 30, numéro 25, pages 2098 et 2099, et dans un article intitulé "Simple coding scheme to reduce peak 10 factor in QPSK multicarrier modulation" de S.J. Shepherd et al. paru dans *Electronics Letters*, juillet 1995, volume 31, n°14, pages 1131 et 1132.

15 Si cette deuxième solution ne nécessite pas une double transmission d'un même symbole DMT, elle impose toujours de transmettre des bits supplémentaires associés au codage. De plus, cette solution nécessite une vitesse de traitement de données élevée pour effectuer le codage supplémentaire, donc une diminution 20 de l'énergie par bit pour la même puissance de transmission globale, ce qui conduit à une dégradation des performances du système de communication en terme de capacité de maintien d'informations. En outre, cette solution concerne uniquement les signaux DMT dans lesquels les porteuses sont modulées en MPSK.

25 La présente invention vise à proposer une nouvelle solution pour améliorer le rapport signal/bruit d'un signal transmis en modulation multiporteuse qui pallie les inconvénients des solutions classiques.

30 La présente invention vise également à proposer une nouvelle solution qui ne nuise pas au débit utile de la transmission.

La présente invention vise également à proposer une solution indépendante du type de modulation utilisé.

35 Pour atteindre ces objets, la présente invention prévoit un procédé de mise en forme d'un signal en modulation multi-

porteuse, consistant à écrêter le signal, en amplitude, par rapport à une valeur seuil ; et à réinjecter, avec retard et sur le signal à mettre en forme, un bruit d'écrêtage redistribué, au moins en partie, hors de la bande de fréquences utile du signal en modulation multiporteuse.

5 Selon un mode de réalisation de la présente invention, l'opération d'écrêtage est effectuée sur le signal à mettre en forme, après réinjection éventuelle, sur le signal en modulation multiporteuse, d'un bruit d'écrêtage correspondant à un écrêtage antérieur.

10 Selon un mode de réalisation de la présente invention, l'étape d'écrêtage consiste à détecter, dans une première réplique du signal à mettre en forme, la présence éventuelle d'un pic dont l'amplitude absolue est supérieure à la valeur seuil ; 15 soustraire, d'une deuxième réplique du signal à mettre en forme, la valeur seuil pour en extraire le bruit d'écrêtage correspondant à une portion du pic excédant la valeur seuil ; et soustraire du signal à mettre en forme, retardé d'un temps correspondant au temps nécessaire à la détection de la présence éventuelle 20 d'un pic majoré du temps nécessaire à l'extraction du bruit d'écrêtage sur la deuxième réplique, le bruit d'écrêtage.

25 Selon un mode de réalisation de la présente invention, l'étape de réinjection consiste à redistribuer le bruit d'écrêtage au moyen d'un filtre linéaire ; et à ajouter le bruit redistribué au signal en modulation multiporteuse à mettre en forme.

30 Selon un mode de réalisation de la présente invention, le signal à mettre en forme est un signal numérique.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le signal à mettre en forme est un signal analogique.

30 La présente invention vise aussi un dispositif de mise en forme d'un signal en modulation multiporteuse, comportant un moyen pour écrêter le signal à mettre en forme par rapport à une valeur seuil ; un moyen pour redistribuer, hors de la bande de fréquences utile du signal en modulation multiporteuse, un bruit

d'écrêtage ; et un moyen pour réinjecter, avec retard et sur le signal en modulation multiporteuse, un bruit redistribué.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le moyen de redistribution est un filtre linéaire.

5 Selon un mode de réalisation de la présente invention, le dispositif comporte un moyen, pour retarder le signal à mettre en forme préalablement à son écrêtage, d'une durée correspondant à la durée de propagation d'une réplique de ce signal dans un détecteur de pic et dans un circuit d'extraction d'un bruit 10 d'écrêtage éventuel.

Ces objets, caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres de la présente invention seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes 15 parmi lesquelles :

les figures 1 à 3 décrites précédemment sont destinées à exposer l'état de la technique et le problème posé ;

20 la figure 4 représente un schéma fonctionnel d'un dispositif de mise en forme d'un signal en modulation multiporteuse selon un mode de réalisation de la présente invention ; et

les figures 5 à 8 illustrent le fonctionnement d'un dispositif de mise en forme selon l'invention.

25 Les mêmes éléments ont été désignés par les mêmes références aux différentes figures. Pour des raisons de clarté, seuls les éléments qui sont nécessaires à la compréhension de l'invention ont été représentés aux figures et seront décrits par la suite.

30 Une caractéristique de la présente invention est, à l'inverse de toutes les solutions connues qui modifient les symboles DMT pour supprimer l'apparition de pics à écrêter, de transmettre des symboles écrêtés.

35 Selon l'invention, on redistribue le bruit d'écrêtage d'une façon particulière qui consiste à rejeter tout ou partie de ce bruit hors de la bande de fréquences du signal utile, à réinjecter le bruit redistribué sur les symboles à traiter. Par la

redistribution du bruit, cette réinjection s'effectue avec retard par rapport au pic écrêté. On tire profit du fait que la densité spectrale de bruit d'écrêtage correspond à une densité de bruit "blanc gaussien" (AWGN). Cela est dû au fait que, de façon temporelle, l'apparition d'un bruit d'écrêtage est aléatoire et impulsionnelle. Ainsi, la densité spectrale (transformée de Fourier) du bruit d'écrêtage correspond à une constante.

La figure 4 représente, par un schéma fonctionnel, un mode de réalisation d'un dispositif de mise en forme de signal selon la présente invention. Ce dispositif est destiné à être placé en aval d'un circuit (2, figure 1) générant des symboles DMT par transformation de Fourier rapide inverse.

Les symboles numériques DMT issus du circuit de modulation multiporteuse arrivent sur une première entrée (DMTin) d'un additionneur 10 dont une deuxième entrée reçoit un signal de bruit redistribué clipf, obtenu par la mise en œuvre de la présente invention comme on le verra par la suite. Une sortie du sommateur 10 délivre un signal s(t) qui correspond au signal DMTin auquel est ajouté le bruit éventuel clipf correspondant à l'écrêtage d'un pic présent antérieurement dans le signal DMTin. Le signal s(t) est envoyé sur un détecteur (CD) 11 d'amplitude. Le rôle du détecteur 11 est de détecter un besoin d'écrêter le signal s(t) lorsque son amplitude absolue dépasse une valeur seuil Aclip. Le détecteur 11 comporte, par exemple, un circuit 12 de valeur absolue recevant une réplique du signal s(t) et délivrant la valeur absolue de ce signal. La sortie du circuit 12 est envoyée sur une première entrée d'un comparateur 13 dont une seconde entrée reçoit le niveau de seuil d'écrêtage Aclip. La sortie du comparateur 13 délivre un signal de commande CTRL à un circuit 14 chargé d'extraire le bruit d'écrêtage du signal s(t). Le circuit 14 constitue fonctionnellement un additionneur 15 dont une entrée positive reçoit une réplique du signal s(t) et dont une entrée négative reçoit le signal continu Aclip. L'additionneur 15 est commandé par le signal d'état CTRL. Le circuit 14 délivre le bruit clip extrait du signal s(t). Le signal clip est

un signal impulsif présentant une impulsion à chaque fois que le signal $s(t)$ est, en amplitude absolue, supérieur au seuil A_{clip} .

Le signal $s(t)$ et le signal clip sont envoyés à un circuit (CLP) 16 d'écrêtage qui retire du signal $s(t)$, le bruit clip extrait par le circuit 14. Le circuit 16 comporte, fonctionnellement, un élément retardateur 17 (z^{-k}) dont le rôle est d'apporter au signal $s(t)$ un retard correspondant au délai de propagation dans les circuits 11 de détection de seuil d'amplitude et 14 d'extraction de bruit, et un additionneur 18 recevant la sortie de l'élément 17 sur une entrée positive et le signal clip sur une entrée négative. Une sortie de l'additionneur 18 constitue le signal de sortie DMTout du dispositif de mise en forme selon l'invention.

Le signal clip issu du circuit 14 est également envoyé sur un filtre 19 dont le rôle est, selon l'invention, de reporter le bruit clip vers des fréquences situées hors de la bande utile du signal DMTin. Le filtre 19 est un filtre classique, et sa constitution est parfaitement connue. Il pourra s'agir, par exemple, d'un filtre numérique à réponse impulsionale finie (FIR) constitué de plusieurs éléments de retard (z^{-1}) 20 associés en série, chaque élément 20 recevant la sortie de l'élément précédent. Un premier élément 20₁ reçoit le signal clip. La sortie de l'élément 20₁ est également envoyée sur un premier multiplicateur 21₁ par un facteur 1/2. La sortie d'un deuxième élément 20₂ est également envoyée sur un deuxième multiplicateur 21₂ par un facteur -1/4. La sortie d'un troisième élément 20₃ est également envoyée sur un troisième multiplicateur 21₃ par un facteur +1/8. Et ainsi de suite, jusqu'à un m ième élément 20_m dont la sortie est envoyée sur un m ième multiplicateur 21_m par un coefficient +1/2^m. Les sorties des multiplicateurs 21 sont envoyées sur des entrées d'un sommateur (Σ) 25 dont une sortie délivre le signal clipf envoyé sur une des entrées de l'additionneur 10.

La fonction de transfert du filtre 19 est optimisée en fonction de l'application. En particulier, le filtre devra

réduire autant que possible la portion de bruit d'écrêtage qui se situe dans la bande de fréquences du signal utile, ou encore supprimer tout bruit d'écrêtage dans la bande utile.

Le fonctionnement d'un dispositif de mise en forme de signal tel que représenté à la figure 4 sera décrit par la suite en relation avec les figures 5 à 8. Les figures 5A, 6A, 7A, 8A représentent, sous forme temporelle, des exemples de signaux caractéristiques du circuit représenté à la figure 4. Les figures 5B, 6B, 7B et 8B représentent les densités spectrales, c'est-à-dire les transformées de Fourier respectives, des signaux représentés aux figures 5A, 6A, 7A et 8A.

On suppose que le dispositif représenté à la figure 4 traite des échantillons numériques du signal DMTin. On notera toutefois que le circuit de la figure 4 peut être réalisé sous forme de circuit de traitement analogique.

La figure 5A représente un exemple de symbole DMTin introduit dans le dispositif selon l'invention. Ce symbole débute, par exemple, à un instant t_0 et, à un instant t_p , présente un pic p dont l'amplitude absolue est supérieure au seuil A_{clip} . La figure 5B représente la densité spectrale d'un symbole DMT. On suppose qu'aucun bruit d'écrêtage ne s'est trouvé redistribué dans le symbole DMT de la figure 5A par suite de la présence d'un pic dans un symbole précédent. Ainsi, le signal $s(t)$ correspond au signal DMTin et sa transformée de Fourier $TF[s(t)]$ ne contient pas de bruit autre que le bruit de quantification. On suppose que la bande utile du signal est comprise entre des fréquences f_1 et f_2 .

La figure 6A représente le signal clip en sortie du circuit 14. Ce signal présente une impulsion I à un instant t_i retardé des temps de propagation respectifs τ_{11} et τ_{14} dans les circuits 11 et 14 par rapport à l'instant t_p . La densité spectrale de bruit ($TF(clip)$, figure 6B) est constante sur tout le domaine fréquentiel dans la mesure où les bruits I extraits du signal $s(t)$ ont une forme impulsionnelle de très faible réproductibilité.

Le traitement opéré par le filtre 19 sur le signal clip est illustré par la figure 7A qui représente le signal clipf. Le filtrage conduit à redistribuer l'impulsion I à intervalles réguliers sous la forme d'un signal amorti, ce qui a pour effet de 5 décaler sa densité spectrale (TF(clipf), figure 7B) vers des fréquences plus élevées, par exemple, à partir d'une fréquence f3 supérieure à la fréquence f2.

Le bruit clipf est donc réinjecté (figure 8A) sur le signal s(t) avec retard par rapport au pic p désormais écrêté et 10 transmis. Il en découle que, d'un point de vue fréquentiel (figure 8B), la majorité du bruit se retrouve hors de la bande de fréquences du signal utile. Ainsi, le rapport signal/bruit (S/B) de la sortie DMTout est considérablement amélioré.

On notera que si le bruit total introduit par l'invention présente, localement, une amplitude plus grande que le bruit d'écrêtage d'origine, cela n'est pas gênant dans la mesure où il 15 se situe hors de la bande utile du signal.

On notera également que le bruit peut être redistribué vers des fréquences plus élevées et/ou plus basses, hors de la 20 bande utile du signal, en fonction de la constitution du filtre 19 et de la bande de fréquences utile.

Un avantage de la présente invention est qu'elle permet de résoudre le problème du bruit d'écrêtage d'un signal DMT sans intervenir sur le codage ou sur les phases des symboles DMT dans 25 lesquels des pics de forte amplitude sont présents. Ainsi, la présente invention ne nécessite aucune communication de signaux de consigne vers le récepteur qui décode tous les symboles DMT de la même manière. De plus, l'invention ne nécessite pas de retransmission d'un symbole DMT à écrêter.

30 Selon l'application et, en particulier, le rapport signal/bruit souhaité, on peut diminuer le seuil Aclip en gardant les mêmes performances en termes de rapport signal/bruit qui sont, elles, liées au taux d'erreur requis. Dans ce cas, on simplifie considérablement la partie analogique du système de transmission.

On peut également conserver le même seuil Aclip. Dans ce cas, le circuit de mise en forme de bruit selon la présente invention améliore considérablement les performances de traitement du signal. Le décodage des porteuses modulées est, côté 5 réception, moins pollué par du bruit. Ainsi, l'invention diminue l'écart, dans le diagramme d'amplitudes/phases de chaque porteuse, entre un point de réception idéal et un point de réception réel. On peut ainsi, soit rendre la qualité du signal restitué 10 meilleure, soit augmenter le nombre de points de réception sur un même diagramme d'amplitudes/phases d'une porteuse donnée, ce qui augmente la capacité (débit) du système.

Bien entendu, la présente invention est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, la réalisation pratique d'un dispositif de 15 mise en forme de bruit selon l'invention telle qu'exposée en relation avec les figures 4 à 8 est à la portée de l'homme de l'art, que ce soit sous forme analogique ou sous forme numérique.

REVENDICATIONS

1. Procédé de mise en forme d'un signal ($s(t)$, DMTin) en modulation multiporteuse, caractérisé en ce qu'il consiste :

à écrêter (18) le signal, en amplitude, par rapport à une valeur seuil (A_{clip}) ; et

5 à réinjecter (10), avec retard et sur le signal à mettre en forme, un bruit d'écrêtage (clip) redistribué (19), au moins en partie, hors de la bande de fréquences utile (f_1-f_2) du signal en modulation multiporteuse.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce
10 que l'opération d'écrêtage (18) est effectuée sur le signal à mettre en forme ($s(t)$), après réinjection (10) éventuelle, sur le signal en modulation multiporteuse (DMTin), d'un bruit d'écrêtage (clipf) correspondant à un écrêtage antérieur.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé
15 en ce que l'étape d'écrêtage consiste à :

déetecter, dans une première réplique du signal à mettre en forme ($s(t)$), la présence éventuelle d'un pic (p) dont l'amplitude absolue est supérieure à la valeur seuil (A_{clip}) ;

20 soustraire (14), d'une deuxième réplique du signal à mettre en forme, la valeur seuil pour en extraire le bruit d'écrêtage (clip) correspondant à une portion du pic (p) excédant la valeur seuil (A_{clip}) ; et

25 soustraire du signal à mettre en forme, retardé d'un temps correspondant au temps nécessaire à la détection de la présence éventuelle d'un pic majoré du temps nécessaire à l'extraction du bruit d'écrêtage sur la deuxième réplique, le bruit d'écrêtage.

30 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'étape de réinjection consiste à :

redistribuer le bruit d'écrêtage (clip) au moyen d'un filtre linéaire (19) ; et

ajouter le bruit (clipf) redistribué au signal en modulation multiporteuse (DMTin) à mettre en forme.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le signal à mettre en forme est un signal numérique.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le signal à mettre en forme est un signal analogique.

7. Dispositif de mise en forme d'un signal (DMTin, s(t)) en modulation multiporteuse, caractérisé en ce qu'il comporte :

10 un moyen (18) pour écrêter le signal à mettre en forme (s(t)) par rapport à une valeur seuil (Aclip) ;

un moyen pour redistribuer (19), hors de la bande de fréquences utile (f1-f2) du signal en modulation multiporteuse, un bruit d'écrêtage (clip) ; et

15 un moyen (10) pour réinjecter, avec retard et sur le signal en modulation multiporteuse (DMTin), un bruit (clipf) redistribué.

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que ledit moyen de redistribution est un filtre linéaire (19).

20 9. Dispositif selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce qu'il comporte un moyen (17), pour retarder le signal à mettre en forme (s(t)) préalablement à son écrêtage (18), d'une durée correspondant à la durée de propagation d'une réplique de ce signal dans un détecteur (11) de pic (p) et dans un circuit
25 (14) d'extraction d'un bruit d'écrêtage (clip) éventuel.

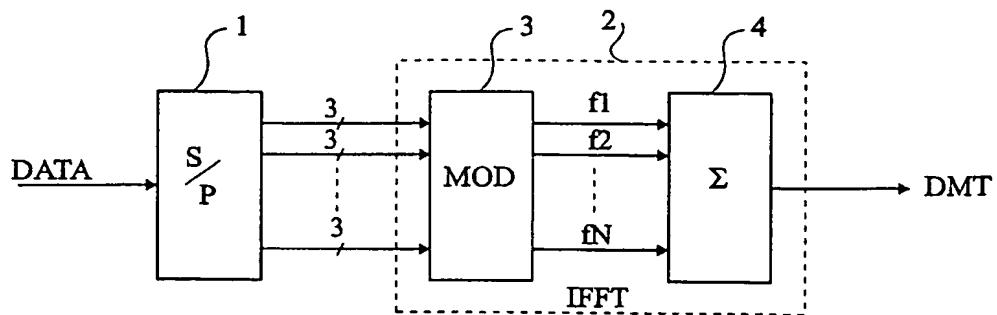


Fig 1

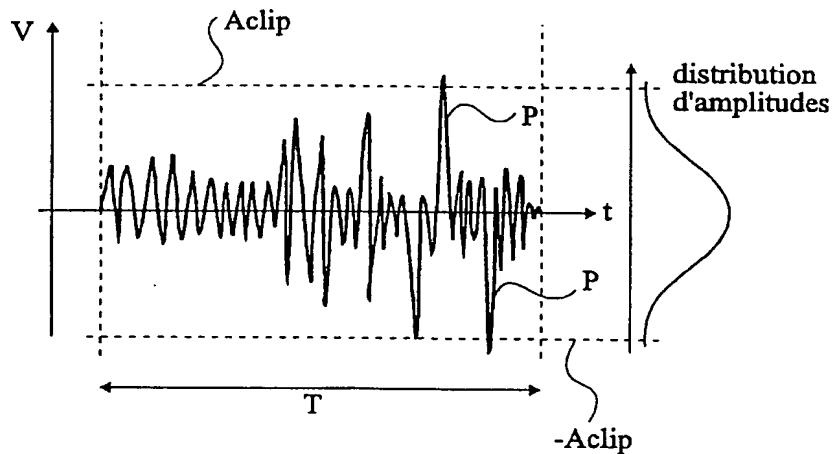


Fig 2

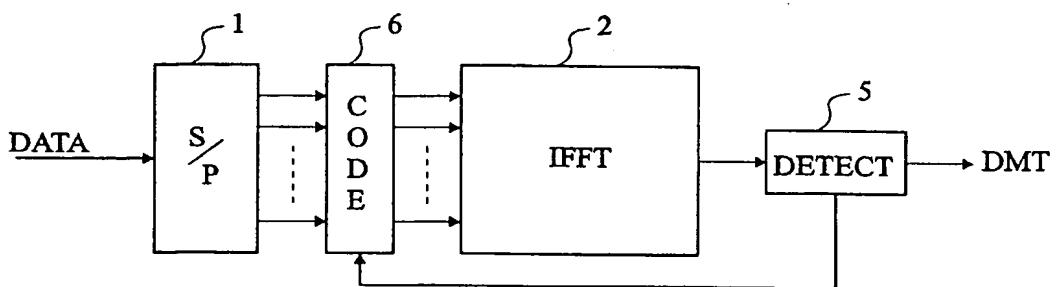


Fig 3

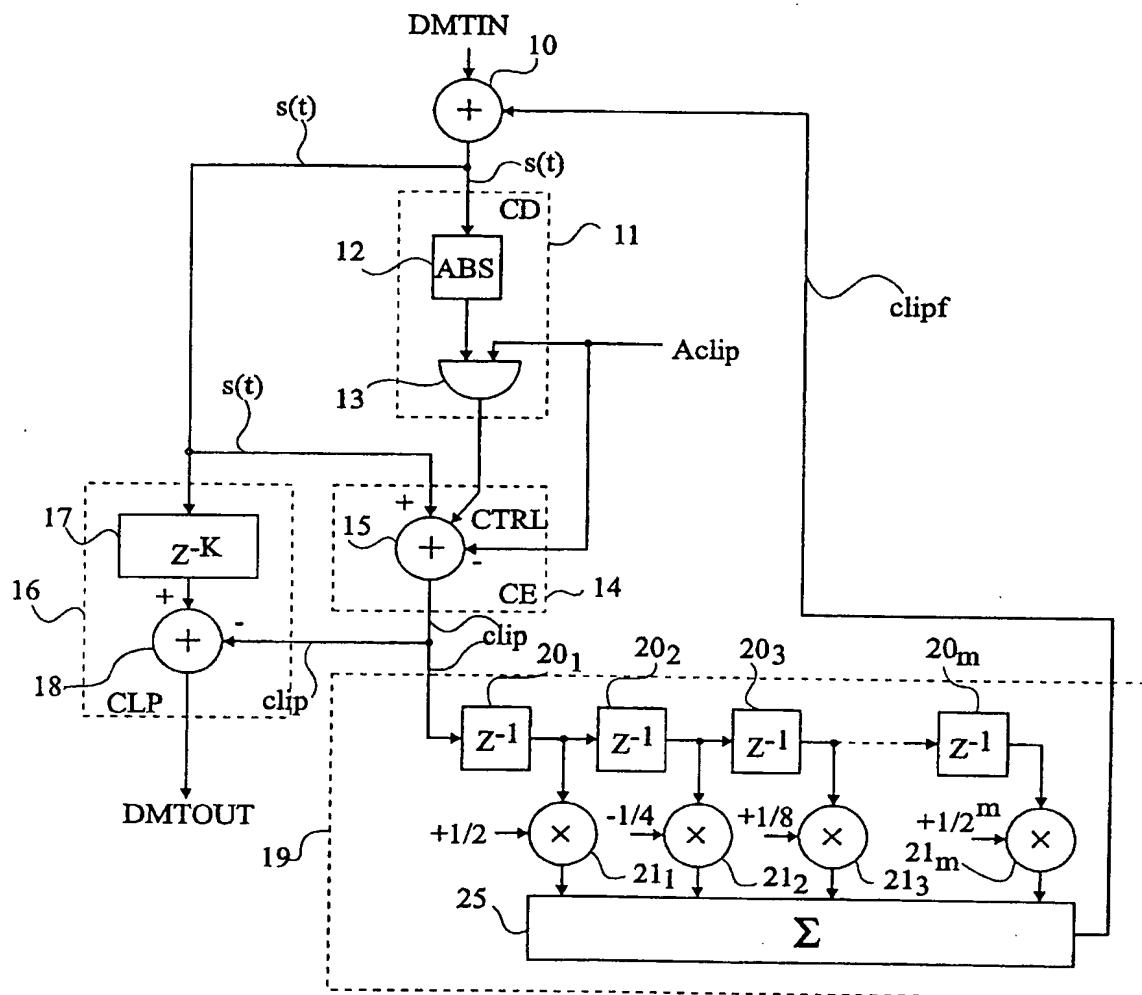


Fig 4

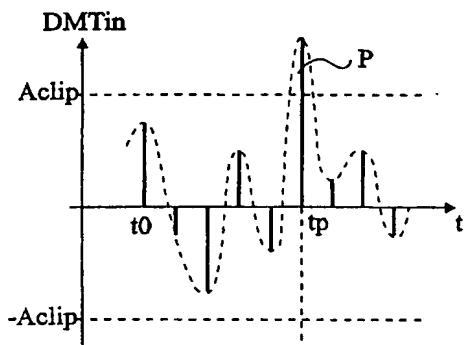


Fig 5A

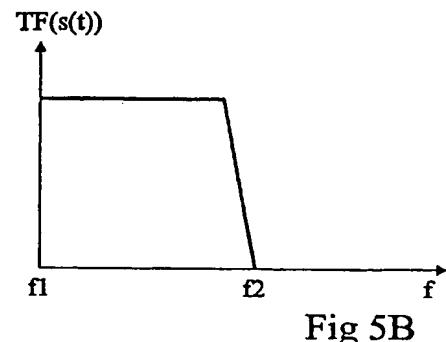


Fig 5B

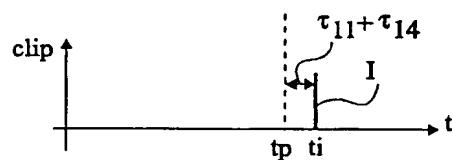


Fig 6A

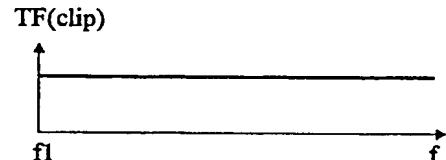


Fig 6B

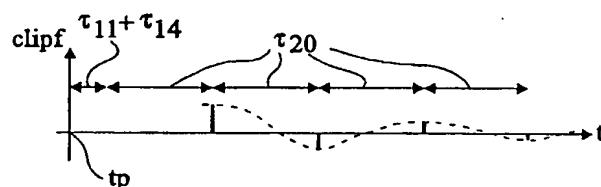


Fig 7A

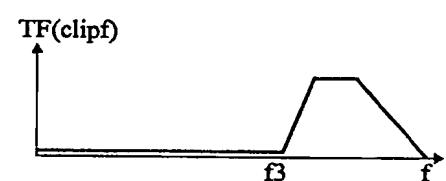


Fig 7B

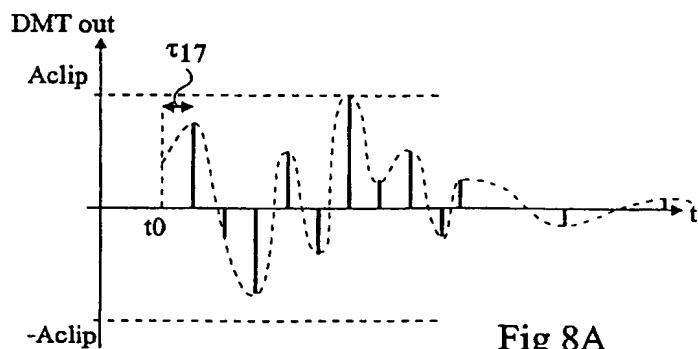


Fig 8A

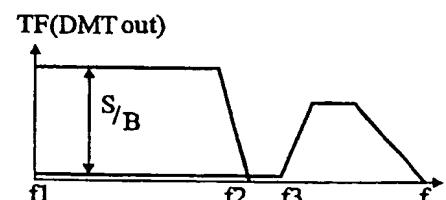


Fig 8B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat'l Application No
PCT/FR 97/02465

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H04L27/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>MESTDAGH D J G ET AL: "ANALYSIS OF CLIPPING EFFECT IN DMT-BASED ADSL SYSTEMS" IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATIONS. SUPERCOMM, vol. 1, 1 May 1994, pages 293-300, XP000515605 see page 293, left-hand column, paragraph 1 see page 293, last line, paragraph 5 see page 293, right-hand column, paragraph 3 see page 297, right-hand column, paragraph 4 - page 298, right-hand column, paragraph 2</p> <p style="text-align: center;">-/-</p>	1,7

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

1 Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
29 April 1998	14/05/1998
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5816 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Goulding, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Appl. No.
PCT/FR 97/02465

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>O'NEILL R ET AL: "PERFORMANCE OF AMPLITUDE LIMITED MULTITONE SIGNALS" PROCEEDINGS OF THE VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE, STOCKHOLM, JUNE 8 - 10, 1994, vol. 3, 8 June 1994, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, pages 1675-1679, XP000497707 see page 1675, left-hand column, paragraph 1 see page 1679, left-hand column, paragraph 2</p> <p>---</p>	1,7
A	<p>WULICH: "Peak Factor In Orthogonal Multicarrier Modulation With Variable Levels" ELECTRONICS LETTERS, vol. 32, no. 20, 26 September 1996, pages 1859-1861, XP002042110 see page 1859, right-hand column, paragraph 1 - page 1860, left-hand column, paragraph 2</p> <p>-----</p>	1,7

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dem: Internationale No

PCT/FR 97/02465

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 6 H04L27/26

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 6 H04L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERÉS COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>MESTDAGH D J G ET AL: "ANALYSIS OF CLIPPING EFFECT IN DMT-BASED ADSL SYSTEMS" IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATIONS. SUPERCOMM, vol. 1, 1 mai 1994, pages 293-300, XP000515605 voir page 293, colonne de gauche, alinéa 1 voir page 293, dernière ligne, alinéa 5 voir page 293, colonne de droite, alinéa 3 voir page 297, colonne de droite, alinéa 4 - page 298, colonne de droite, alinéa 2 ----</p> <p style="text-align: center;">-/-</p>	1, 7

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document délinéasant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

1	Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 29 avril 1998	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 14/05/1998
	Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl. Fax: (+31-70) 340-3016	Fonctionnaire autorisé Goulding, C

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demi: Internationale No
PCT/FR 97/02465

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>O'NEILL R ET AL: "PERFORMANCE OF AMPLITUDE LIMITED MULTITONE SIGNALS" PROCEEDINGS OF THE VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE, STOCKHOLM, JUNE 8 - 10, 1994, vol. 3, 8 juin 1994, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, pages 1675-1679, XP000497707 voir page 1675, colonne de gauche, alinéa 1 voir page 1679, colonne de gauche, alinéa 2 ---</p> <p>WULICH: "Peak Factor In Orthogonal Multicarrier Modulation With Variable Levels" ELECTRONICS LETTERS, vol. 32, no. 20, 26 septembre 1996, pages 1859-1861, XP002042110 voir page 1859, colonne de droite, alinéa 1 - page 1860, colonne de gauche, alinéa 2 -----</p>	1,7
A		1,7

1